Relationship between Changes in Magnetic Flux Density Distribution around Fatigue Crack
and Plastic Deformation around Crack Tip

学 ○島田 純 (滋賀県立大) 正 田邊 裕貴 (滋賀県立大) 正 高松 徹 (滋賀県立大)

正 和泉 遊以 (滋賀県立大) 正 木田 勝之 (九州大)

Jun SHIMADA, University of Shiga Prefecture, Hassaka 2500, Hikone, Shiga 522-8533

Hirotaka TANABE, University of Shiga Prefecture

Tohru TAKAMATSU, University of Shiga Prefecture

Yui IZUMI, University of Shiga Prefecture

Katsuyuki KIDA, Kyushu University

1 緒 言

これまでに筆者らは、磁場情報に基づく非破壊的疲労損傷評価手法の開発を目的として、疲労き裂進展過程におけるき裂周辺の磁束密度分布の観察を実施し、き裂の進展に伴いき裂周辺の磁束密度分布がき裂進展方向に移動すること、また、その移動量と応力拡大係数との間に相関関係が存在することを示した¹⁾。さらに、その磁束密度分布変化のメカニズムに、疲労き裂先端の塑性変形による磁区拘束が関係している可能性を指摘した¹⁾。本研究では、この関係を検証するために、き裂周辺における塑性変形の分布を反映すると予想される X 線回折線半価幅 FWHM の分布を測定し、き裂周辺部の磁束密度分布との対応関係を調べた。

2 実験方法

供試材には SCM440 鋼を用いた。試験片の寸法は長さ 125mm、幅 25mm、厚さ 10mm で、中央部には長さ 2mm、先端半径 100 μ m の切欠きを放電加工により導入した。4 点曲げ疲労試験は、油圧サーボ疲労試験機を用いて行った。上記方法により疲労き裂を長さ 9mm まで進展させた試験片に対して、まず、き裂周辺の塑性変形による磁区拘束を緩和するために焼きなましを行った。次に、焼きなまし後に再度疲労試験を実施し、き裂を 1mm 進展させ、き裂進展部に再度、塑性変形による磁区拘束を与えた。これらの過程での、疲労き裂周辺の磁束密度分布の変化、ならびにき裂周辺における X 線回折線半価幅 FWHM の分布の変化を測定した。磁束密度分布測定には MI センサを使用した。FWHM の測定には、X 線回折装置(マックスサイエンス社製, M03XHF22)を用いた。特性 X 線には Cr-K α 線を使用し、Fe211 回折線の FWHM を測定した。管電圧は 30kV、管電流は 30mA とした。測定は、試験片表面の切欠き根元を $y=0$ とし、き裂進展線上に y 軸をとったときの、 $3\text{mm} \leq y \leq 11\text{mm}$ の範囲に対して 1mm 間隔で実施した。測定にあたっては、測定部を限定するため、直径 1mm の穴を空けた厚さ 0.25mm の鉛板でマスキングした。測定はそれぞれの測定位置に対して 3~5 回ずつ実施した。

3 実験結果および考察

実験結果を図 1 に示す。図 1 の左側が FWHM、右側が磁束密度 B_x の測定結果を示している。 B_x は試験片表面に平行で切欠きと垂直な方向の磁束密度の成分を表している。FWHM 測定結果の図中の破線は、き裂から十分離れた試験片端部での FWHM の値を表している。

疲労試験後の試験片に対して焼きなましを実施すると、

き裂周辺部の磁束密度は低下した。また、その磁束密度変化と、き裂周辺部での FWHM の変化との間には対応関係が認められた。さらに、焼きなまし後に再度疲労試験を実施したところ、新たにき裂が進展した部分の周辺に磁束密度の増加が認められた。また、その部分では、FWHM にも増加傾向が認められ、両者の対応関係が確認された。

なお、最大荷重や応力比の異なる条件下で疲労試験を実施した複数の試験片に対して同様の検討を行ったところ、いずれも同様の結果が得られた。

以上より、疲労き裂進展に伴うき裂周辺での磁束密度分布の変化は、塑性変形による磁区拘束を主要因とする変化である可能性が高いと考えられた。

参考文献

- 1) H. Tanabe, et al., Elsevier, Procedia Engineering (ICM11), Vol.10, pp.881-886(2011).

Fig.1 Relationship of FWHM and B_x